

УДК 628.517.2

DOI 10.23947/2541-9129-2018-3-4-30-43

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШТУЧНЫХ
ЗВУКОПОГЛОТИТЕЛЕЙ ДЛЯ
СНИЖЕНИЯ ШУМА НА РАБОЧЕМ
МЕСТЕ СЛЕСАРЯ ПО КИПИА***А. П. Тюрин¹, К. Г. Мерзлякова²*¹ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»,
г. Ижевск, Российская Федерация²АНО ДПО «Учебный центр «Нефтяник»»,
г. Ижевск, Российская Федерацияasd1978@mail.ruksyha123@yandex.ru

Исследование рабочего места слесаря по контрольно-измерительным приборам и автоматике (КИПиА) в ООО «Ойл-Телеком» позволило выявить главный вредный производственный фактор. Это шум, который распространяется от нефтеперекачивающего оборудования и постоянно действует на работника. Установлено, что на данном производстве эквивалентный уровень звука равен 86 дБА при норме не более 80 дБА. Рабочие подвергаются воздействию шума в течение 8 часов в смену с двумя технологическими перерывами по 15 минут в первой и второй половине рабочего дня. Задача по снижению шумового воздействия может быть решена с помощью размещения на потолке в рабочем помещении штучных звукопоглотителей. Таким образом, целью исследования является расчет их необходимого количества. В результате выполненной научной работы удалось установить, что монтаж 60 устройств позволят снизить до допустимого уровень звука, а, следовательно, и класс условий труда. Кроме того, снизится утомляемость работников, улучшится состояние их здоровья, повысится производительность.

Ключевые слова: слесарь КИПиА, рабочее место, условия труда, шумовое воздействие, штучный звукопоглотитель.

Введение. В течение многих лет сохраняют свою актуальность научные и прикладные решения в сфере безопасности условий труда на производстве. На нефтеперерабатывающих предприятиях одна из самых востребо-

UDC 621.928.93

DOI 10.23947/2541-9129-2018-3-4-30-43

**SINGLE SOUND ABSORBERS FOR NOISE
REDUCTION IN THE
INSTRUMENTATION TECHNICIAN
WORKPLACE***A. P. Tyurin¹, K. G. Merzlyakova²*¹Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
Izhevsk, Russian Federation²ANCO FPE «Educational Centre “Neftyanik”»,
Izhevsk, Russian Federationasd1978@mail.ruksyha123@yandex.ru

The study of the workplace of instrumentation technician in LLC "Oil-Telecom" allowed us to identify the main harmful production factor. This is noise, that spreads from the oil pumping equipment and constantly acts on the worker. It is established, that in this production the equivalent sound level is 86 dBA, when the normal level is not more than 80 dBA. Workers are exposed to noise for 8 hours per shift with two technological breaks of 15 minutes in the first and second halves of the working day. The problem of noise reduction can be solved by placing single sound absorbers on the ceiling in the working room. Thus, the aim of the study is to calculate their required number. As a result of the performed scientific work, it was found that the installation of 60 devices will reduce the sound level to an acceptable level, and, consequently, the class of working conditions. In addition, the fatigue of workers will decrease, their health will improve, and productivity will increase.

Keywords: instrumentation technician, working place, labour conditions, noise effect, single sound absorber.

Introduction. For many years, scientific and applied solutions in the field of safety of working conditions at work remain relevant. Instrumentation technician is one of the most demand-

ванных профессий — слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике (КИПиА). Улучшение условий труда таких специалистов предполагает снижение уровня различных вредных и опасных факторов. В рамках данного исследования рассмотрена задача снижения шума на рабочем месте слесаря КИПиА в ООО «Ойл-Телеком».

Постановка проблемы. Выполняя свои должностные обязанности, слесарь перемещается по территории насосной станции. Основную часть рабочего времени он проводит в помещении с подъемным и нагнетательным оборудованием дожимной насосной станции (рис. 1).

ed professions at oil refining enterprises. Improving the working conditions of such specialists involves reducing the level of various harmful and dangerous factors. This study considers the problem of noise reduction in the workplace of an instrumentation technician at LLC "Oil-Telecom".

Problem Statement. Performing his duties, the instrumentation technician moves around the territory of the pumping station. The main part of the working time, he spends in a room with lifting and pumping equipment of the booster pump station (Fig. 1).

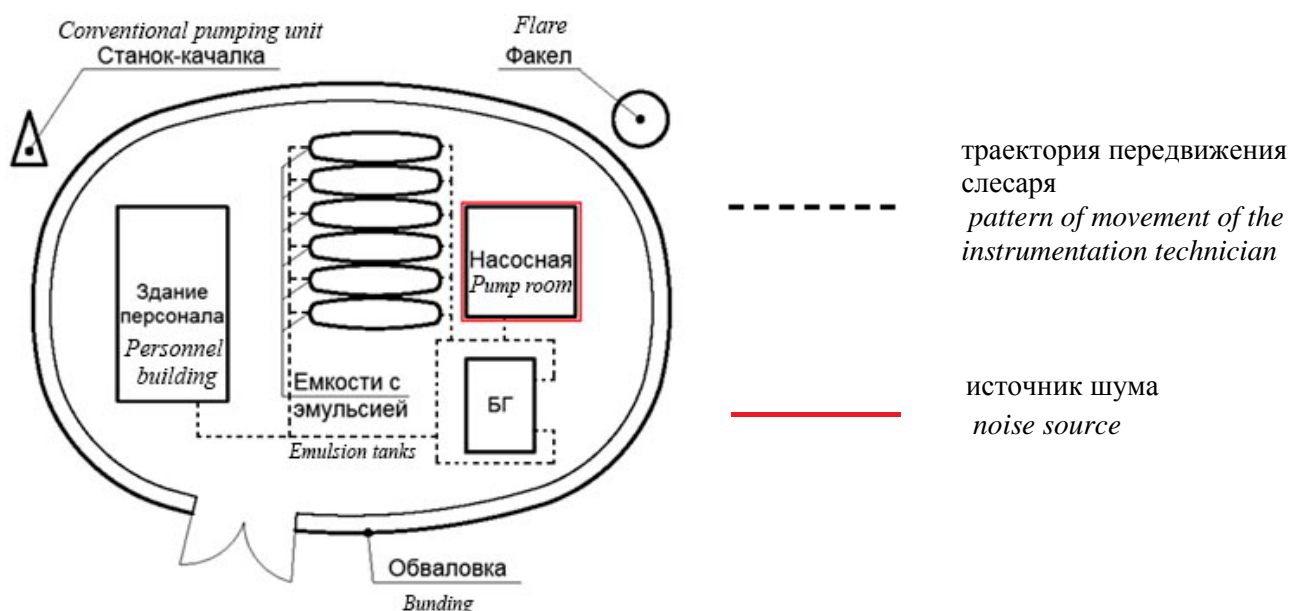


Рис. 1. Схема перемещения слесаря КИПиА по территории насосной станции ООО «Ойл-Телеком»

Fig. 1. Pattern of movement of the instrumentation technician at the pump station LLC "Oil-Telecom"

Слесарь КИПиА обслуживает и ремонтирует контрольно-измерительные приборы и автоматику непосредственно в местах их установки на участках. В процессе выполнения такой работы сотрудник подвергается воздействию шума, уровень которого соответствует вредным условиям труда 2-й степени опасности. Экспертный опрос работников доказал, что интенсивное шумовое воздействие неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, появлению шумовой патологии и провоцирует ряд заболеваний, самое распространенное из которых — медленно

The instrumentation technician services and repairs control and measuring instruments and automatic equipment directly in the places of their installation in the areas. In the process of his work, the employee is exposed to noise, the level of which corresponds to the harmful working conditions of the 2nd hazard level. An expert survey of employees proved that intensive noise exposure adversely affects nervous processes, contributes to the development of fatigue, the appearance of noise pathology and provokes a number of diseases, the most common of which

прогрессирующее снижение слуха по типу кохлеарного неврита [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы, ручные механизированные инструменты, электрические машины, компрессоры, кузнечно-прессовое, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т. д. Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются ГОСТ 12.1.003-2014. Шум. Общие требования безопасности [2], санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [3]. В качестве общей характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБА. Шум измеряется с помощью шумомера 1-го или 2-го класса точности по ГОСТ 17187-2010. Шумомеры. Часть 1. Технические требования [4].

На рассматриваемом рабочем месте шум постоянный, распространяется от нефтяного оборудования, предназначенного для перекачки нефти. Шум насосной действует на рабочего в течение 3,5 часов, т. е. почти 40 % времени рабочей смены. С учетом проведенных измерений эквивалентный уровень звука составил 86 дБА, что выше допустимого значения на 6 дБА. Результаты измерений представлены в табл. 1.

is slow loss of hearing by cochlear neuritis type [1].

In a production environment the sources of noise are the working machines and mechanisms, hand held power operated tools, electric machines, compressors, forge-and-press, material handling, supporting equipment (ventilation, air conditioning), etc. The acceptable noise characteristics of workplaces are regulated by GOST 12.1.003-2014. Noise. General safety requirements [2], Sanitary Standards SN 2.2.4/2.1.8.562-96 [3]. The assessment of sound level in dBA is used as a general characteristic of noise in the workplace. Noise is measured using a noise level meter of 1st or 2nd accuracy class according to GOST 17187-2010. Noise level meter. Part 1. Technical requirements [4].

At the workplace under consideration, the noise is constant; it spreads from oil equipment designed for oil pumping. The noise pump influences the worker for 3.5 hours, i.e. almost 40 % of the time of his working shift. Taking into account the measurements, the equivalent sound level is 86 dBA, which is higher than the permissible value by 6 dBA. The measurement results are presented in Table. 1.

Таблица 1
Table 1

Параметры шума в различных рабочих зонах

Noise parameters in different work areas

Наименование рабочей зоны <i>Name of the working area</i>	Уровень звука, дБА <i>Noise level, dBA</i>	Время воздействия, % <i>Time of exposure, %</i>
Генераторный блок <i>Generator unit</i>	78.3	20
Лаборатория проверки газоанализаторов (рабочий стол) <i>Laboratory testing of gas analyzers (desktop)</i>	49.7	25
Лаборатория проверки газоанализаторов (пайка) <i>Laboratory testing of gas analyzers (soldering)</i>	49.7	15
Насосная <i>Pumping station</i>	85.8	40

При одновременном действии двух источников шума с различными уровнями L_1 и L_2 суммарный эквивалентный уровень звука составит 86 дБА (табл. 2).

With the simultaneous operation of two noise sources with different levels of L_1 and L_2 , the total equivalent sound level will be 86 dBA (Table. 2).

Таблица 2
Table 2

Фактические и нормативные значения эквивалентного и максимального уровня звука

Actual and standard values of equivalent and maximum noise level

Фактор <i>Factor</i>	Нормативное значение <i>Standard value</i>	Фактическое значение <i>Actual value</i>	Величина отклонения <i>Deviation value</i>
Эквивалентный уровень звука, дБА <i>Equivalent noise level, dBA</i>	80	86	6
Максимальный уровень звука, дБА <i>Maximum noise level, dBA</i>	110	93.0	—

Из приведенных выше данных следует, что эквивалентный уровень звука не соответствует требованиям СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Таким образом, по данному показателю условия труда слесаря КИПиА относятся к вредным 2-й степени (класс 3.2).

Следует отметить, что другие потенциально неблагоприятные факторы (вибрация, световая среда, микроклимат, тяжесть и напряженность работы) не определяют уровень опасности условий труда слесаря КИПиА на ООО «Ойл-Телеком».

Анализ подходов к решению проблемы. Для защиты от шума:

- разрабатывается шумобезопасная техника;
- используются средства и методы коллективной защиты (ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация [5]);
- применяются средства индивидуальной защиты;
- внедряются строительно-акустические методы.

Меры по защите от шума необходимы при разработке технологических процессов, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при

From the above data, it follows that the equivalent noise level does not meet the requirements of SN 2.2.4/2.1.8.562-96. Thus, according to this indicator, the working conditions of the instrumentation technician are referred to the 2nd hazard level (class 3.2).

It should be noted that other potentially adverse factors (vibration, light environment, microclimate, severity and intensity of work) do not determine the level of danger of the working conditions of the instrumentation technician at LLC "Oil-Telecom".

Analysis of approaches to solving the problem. For noise protection:

- noise-safe equipment is being developed;
- means and methods of collective protection are used (GOST 12.1.029-80. Occupational safety standards system. Means and methods of noise protection. Classification [5]);
- personal protective equipment is used;
- construction and acoustic methods are being introduced.

Measures to protect against noise are necessary in the development of technological processes, manufacture and operation of machines, industrial buildings and structures, as well as in the

организации рабочего места.

Конечно, для исключения влияния на работников производственного шума необходимо устранить его источник. Это наиболее рациональный и перспективный метод борьбы с неблагоприятным звуковым воздействием. В качестве альтернативы рассматривается разработка средства, снижающего уровень шума на пути его распространения от источника до защищаемых объектов. Основные варианты — установка акустических экранов, в том числе инновационного типа [6, 7], и применение защитных кожухов, капотов [8, 9].

Один из наиболее эффективных принципов — звукопоглощение. Это ослабление уровня звука, распространяющегося в помещении, вследствие отражения энергии от облицовочных материалов ограждений, конструктивных частей оборудования. Коэффициент звукопоглощения представляет собой отношение энергии, поглощенной 1 м² поверхности, к падающей на эту поверхность энергии. Использовать звукопоглощение целесообразно, если коэффициент звукопоглощения материала не менее 0,2. Звукопоглощение с использованием материалов, обладающих высоким коэффициентом поглощения, позволяет снизить уровень шума до 8–10 дБА. Очевидно, что уровень защиты значительно увеличивается при совместном использовании методов звукоизоляции и звукопоглощения.

С помощью технических средств не всегда удается решить проблему снижения уровня шума. В этой связи большое внимание уделяется использованию средств индивидуальной защиты (СИЗ): антифонов, заглушек, наушников, ушных вкладышей, шлемофонов, касок и др.). Однако следует учитывать, что неправильное применение СИЗ может служить причиной производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Важно, чтобы средства индивидуальной защиты подбирались правильно в зависимости от уровня и спектра шума. Кроме того, необходим контроль условий их эксплуатации.

Средства для снижения шума на рабочем ме-

organization of the workplace.

Of course, to eliminate the impact of industrial noise on workers it is necessary to eliminate its source. This is the most rational and promising method of dealing with adverse noise effects. As an alternative, we consider the development of a tool that reduces the noise level in the way of its propagation from the source to the protected objects. The main options are the installation of acoustic screens, including the innovative type [6, 7], and the use of protective covers, hoods [8, 9].

One of the most effective principles is sound absorption. This is the weakening of the sound level propagating in the room, due to the reflection of energy from the cladding materials of protective covers, structural parts of the equipment. The sound absorption coefficient is the ratio of the energy absorbed by a surface of 1 m² to the energy incident on that surface. To use sound absorption is advisable if the sound absorption coefficient of the material is not less than 0.2. Sound absorption with the materials with a high absorption coefficient, can reduce the noise level to 8-10 dBA. It is obvious that the level of protection significantly increases by the joint use of sound insulation and sound absorption methods.

It is not always possible to solve the problem of noise reduction with technical means. In this regard, much attention is paid to the use of personal protective equipment (PPE): anti-phones, plugs, headphones, earplugs, headsets, helmets, etc.). However, it should be borne in mind that improper use of PPE can cause occupational injuries and diseases. It is important that personal protective equipment is selected correctly depending on the level and spectrum of noise. In addition, it is necessary to control the conditions of their operation.

Means for noise reduction in the instrumentation technician workplace were assessed from the point of view of the analysis of the set of all fac-

сте слесаря КИПиА оценивались с точки зрения анализа совокупности всех факторов (в том числе эргономики), определяющих выбор принципа шумозащиты. Особенности внешней геометрии и функциональных узлов оборудования на ООО «Ойл-Телеком» не позволяют снизить шум в его источнике и в настоящее время не могут быть усовершенствованы. Невозможна также установка звукопоглощающих облицовок и акустических экранов, так как недостаточно места для их размещения. В этой связи предлагается провести инженерно-технические мероприятия, связанные с проектированием и монтажом объемных звукопоглотителей, не занимающих рабочую площадь и не мешающих рабочему процессу. Звукопоглотители (объемные тела, заполненные звукопоглощающим материалом) располагают по периметру верхней части стен или прикрепляют к потолку на определенной высоте и на равном расстоянии друг от друга — так, чтобы они не влияли на освещение рабочих мест.

Проектирование средств коллективной защиты в виде штучных звукопоглотителей. Итак, тщательное обследование позволило установить, что источником шума является группа насосов с двигателями. Соотношение предельно допустимого и фактического уровней шума для данного рабочего места графически представлено на рис. 2.

tors (including ergonomics) defining the choice of the noise protection principle. The features of external geometry and functional units of the equipment at LLC "Oil-Telecom" do not allow us to reduce noise in its source and cannot be improved now. It is also impossible to install sound-absorbing linings and acoustic screens, as there is not enough space for their placement. In this regard, it is proposed to carry out engineering activities related to the design and installation of single sound absorbers that do not occupy the working area and do not interfere with the working process. Sound absorbers (solid bodies filled with sound-absorbing material) are placed along the perimeter of the upper part of the walls or attached to the ceiling at a certain height and at an equal distance from each other — so that they do not affect the lighting of workplaces.

Design of collective protection in the form of single sound absorbers. Thus, a thorough examination revealed that the source of noise is a group of pumps with engines. The ratio of the maximum permissible and actual noise levels for a given workplace is graphically shown in Fig. 2.

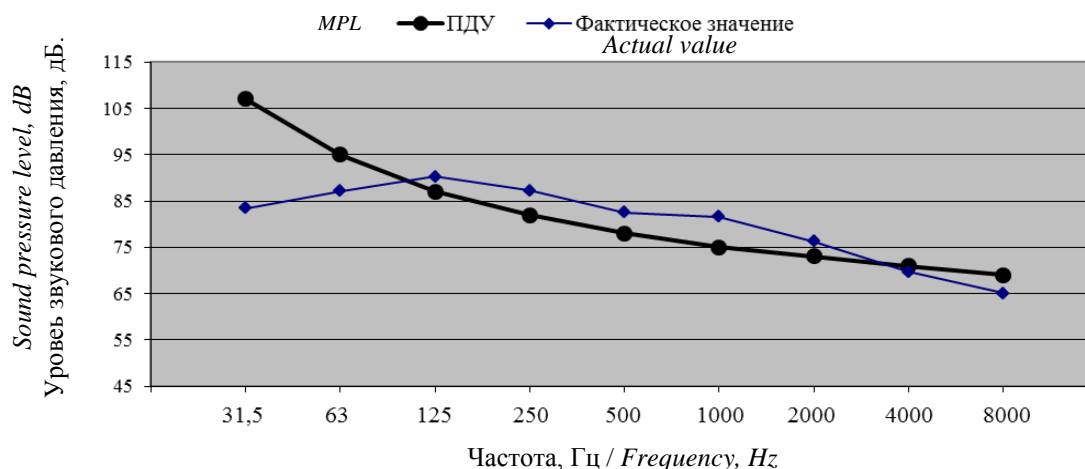


Рис. 2. Соотношение предельного и фактического спектров на рабочем месте слесаря КИПиА

Fig. 2. The ratio of the maximum permissible and actual spectra of the workplace of the instrumentation technician

Как видно из рис. 2, шум превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) практически на всем диапазоне частот. Эквивалентный уровень звука необходимо снизить на 6 дБА.

Согласно методике [10] расчета штучных звукопоглотителей, необходимо определить их оптимальные параметры и характеристики с учетом спектра шума по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (табл. 3).

As shown in Fig. 2, the noise exceeds the maximum permissible level (MPL) in almost the entire frequency range. The equivalent sound level should be reduced by 6 dBA.

According to the method [10] of calculation of single sound absorbers, it is necessary to determine their optimal parameters and characteristics taking into account the noise spectrum by SN 2.2.4/2.1.8.562-96 (Table. 3).

Таблица 3
 Table 3

Параметры шума, учитываемые при подборе штучного звукопоглотителя
 Noise parameters taken into account when selecting a single sound absorber

Наименование Name	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц Centre frequency of octave bands, Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звукового давления на рабочем месте L , дБ Sound pressure level at the workplace, dB	87	90	87	83	81	76	70	65
Допустимый уровень $L_{\text{доп}}$, дБ Permissible level $L_{\text{доп}}$, dB	95	87	82	78	75	73	71	69
Требуемое снижение шума $\Delta L_{\text{тр}}$, дБ Required noise reduction $\Delta L_{\text{тр}}$, dB	—	3	5	5	6	3	—	—

Для определения оптимальных параметров объемного звукопоглотителя проводятся поэтапные расчеты.

1. Определяется требуемое снижение шума $\Delta L_{\text{тр}} = L - L_{\text{доп}}$.

2. Определяется диапазон частот, в которых уровни звукового давления превышают допустимые значения ($\Delta F = 125 - 4000$ Гц), и расчетная частота, в которой отмечается наибольшее превышение $L_{\text{доп}}$.

3. Определяется параметр k_r объемного звукопоглотителя, обеспечивающий максимальное значение звукопоглощения на частоте 1000 Гц.

4. Выполненные расчеты с учетом данных табл. 1 и 2 [10] установили, что оптимальный радиус сферического звукопоглотителя $r_{\text{сф}} = 15$ см. В этом случае удовлетворяется условие максимума коэффициента звукопоглощения в наибольшем диапазоне частот. Кроме того, до-

Step-by-step calculations are carried out to determine the optimal parameters of the solid sound absorber.

1. Determination of the required noise reduction $\Delta L_{\text{тр}} = L - L_{\text{доп}}$.

2. Determination of the range of frequencies in which the sound pressure levels exceed the permissible values ($\Delta F = 125 - 4000$ Hz), and the calculated frequency in which the highest excess of $L_{\text{доп}}$ is observed.

3. Determination of the parameter k_r of the solid sound absorber, which provides the maximum value of sound absorption at a frequency of 1000 Hz.

4. The performed calculations together with the data in Tables 1 and 2 [10] revealed that the optimal radius of the spherical sound absorber $r_{\text{сф}} = 15$ cm. In this case, the condition of the maximum of the absorption coefficient in the highest frequency range is satisfied. In addition, the op-

стигаются оптимальные значения активной и реактивной составляющих импеданса $R_0 = 0,83$ и $Y_0 = -0,56$.

5. Наиболее подходящим звукопоглощающим материалом для проектируемого звукопоглотителя являются плиты из штапельного стекловолокна (толщина, $\delta = 50$ мм, плотность, $\gamma = 40 - 60$ кг/м³), у которых значения соответствующих импедансов близки к оптимальным, определенным на шаге 4.

6. В качестве защитного покрытия поглотителя выбрана стеклоткань типа Э1-100. Значения составляющих импеданса стеклоткани R_M и Y_M и суммарные значения составляющих импеданса устройства определены согласно [11]. Результаты расчетов сведены в табл. 4.

timal values of the active and reactive components of the impedance $R_0 = 0.83$ and $Y_0 = -0.56$ are achieved.

5. The most suitable sound absorbing material for the designed sound absorber are plates made of staple glass fiber (thickness $\delta = 50$ mm, density $\gamma = 40-60$ kg/m³), in which the values of the corresponding impedances are close to the optimal ones defined in Step 4.

6. Fiberglass type Э1-100 is chosen as a protective coating of the absorber. The values of the components of the impedance of fiberglass R_M and Y_M and the total values of the components of the impedance of the device are determined according to [11]. The results of calculations are summarized in Table. 4.

Таблица 4
Table 4

Значения R_M и Y_M в октавных полосах
 R_M and Y_M values in octave bands

Импеданс <i>Impedance</i>	Обозначение <i>Notation</i>	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц <i>Centre frequency of octave bands, Hz</i>							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Импеданс плит из штапельного стекловолокна толщиной 50 мм, $\gamma = 40 - 60$ кг/м ³ <i>Impedance of the staple fiber plates of thickness of 50 mm, $\gamma = 40 - 60$ kg/m³</i>	R_M	0,7	0,8	1,2	0,8	0,8	1	1,26	1,43
	Y_M	-4,4	-4	-3,7	-1,7	-0,7	0,3	-0,24	0,39
Импеданс стеклоткани марки Э1-100 <i>Э1-100 fiberglass impedance</i>	R_T	0,44	—	—	—	—	—	—	—
	Y_T	—	0,03	0,07	0,13	0,23	0,42	0,59	—
Импеданс конструкции <i>The design impedance</i>	R_Σ	1,14	0,8	1,2	0,8	0,8	1	1,26	1,43
	Y_Σ	-4,4	-3,97	-3,63	-1,57	-0,47	0,72	0,32	0,39

Дальнейшие вычисления с помощью ЭВМ позволили определить форму штучного звукопоглотителя в виде куба со стороной ребра 24 см (рис. 3).

Further calculations with the help of a computer allowed us to determine the shape of a single sound absorber as a cube with the edge side of 24 cm (Fig. 3).

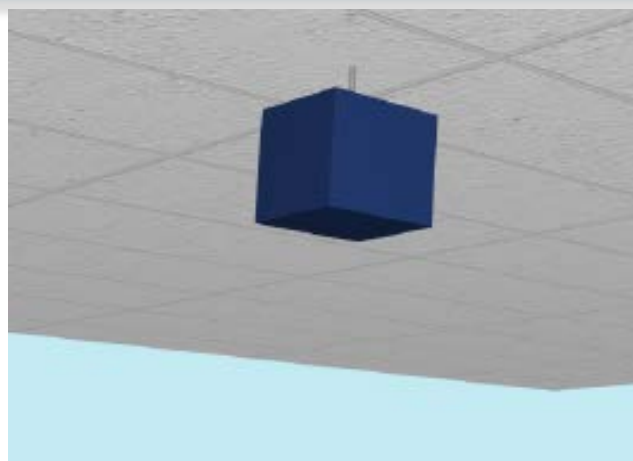


Рис. 3. Модель объемного звукопоглотителя

Fig. 3. Model of solid sound absorbers

Звукопоглотитель выполнен из плит штапельного стекловолокна толщиной 50 мм ($\gamma = 40\text{--}60 \text{ кг/м}^3$) с защитным покрытием из стеклоткани Э1-100. Объекты размещены на потолке. Расстояние между их геометрическими центрами $h_k = 0,86 \text{ м}$. Разделив площадь потолка $S_{\text{пот}}$ на площадь зоны влияния поглотителя, выясним, сколько штук необходимо для данного помещения [10]. В данном случае площадь зоны влияния равна $h_k^2 = 0,75 \text{ м}^2$. Площадь потолка равна $S_{\text{пот}} = 75 \text{ м}^2$. Необходимое число поглотителей — 60. Схема их размещения представлена на рис. 4, 5.

The sound absorber is made of 50 mm thick ($\gamma = 40\text{--}60 \text{ kg/m}^3$) staple glass fiber plates with a protective coating of Э1-100 fiberglass. The objects are placed on the ceiling. The distance between their geometric centers $h_k = 0.86 \text{ m}$. Dividing the ceiling area $S_{\text{пот}}$ on the area of a sound absorber influence, we find out how many pieces are needed for this room [10]. In this case, the area of influence is $h_k^2 = 0.75 \text{ m}^2$. The ceiling area is equal to $S_{\text{пот}} = 75 \text{ m}^2$. The required number of absorbers is 60. The scheme of their placement is shown in Fig. 4, 5.

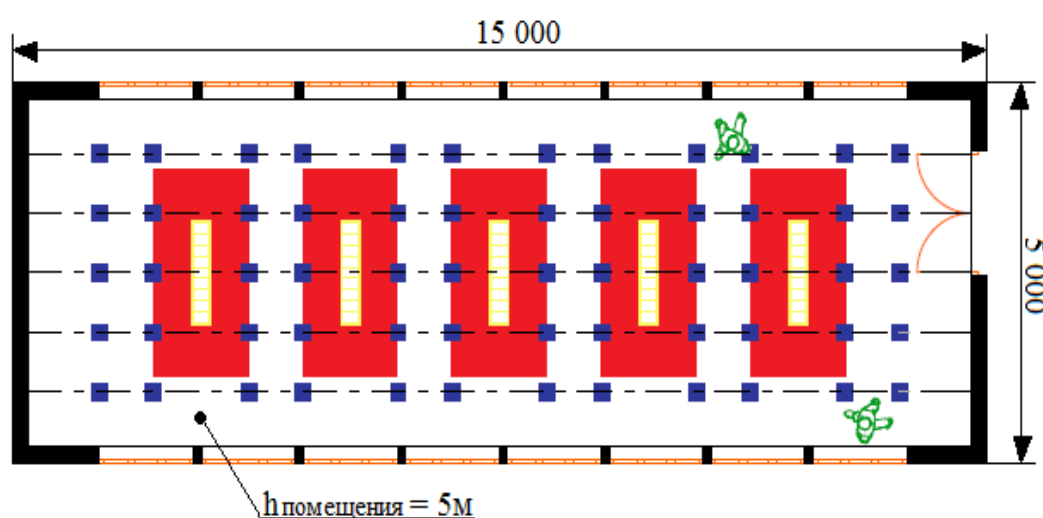


Рис. 4. План размещения объемных звукопоглотителей

Fig. 4. Scheme of placement of solid sound absorbers



Рис. 5. Модель размещения объемных звукопоглотителей

Fig. 5. Model of placement of solid sound absorbers

Сравнение предельного и фактического спектров шума показывает потенциальную нормализацию шумовой обстановки на рабочем месте слесаря КИПиА (рис. 6).

The comparison of the maximum permissible and actual noise spectra shows the potential normalization of noise situation in the workplace of the instrumentation technician (Fig. 6).

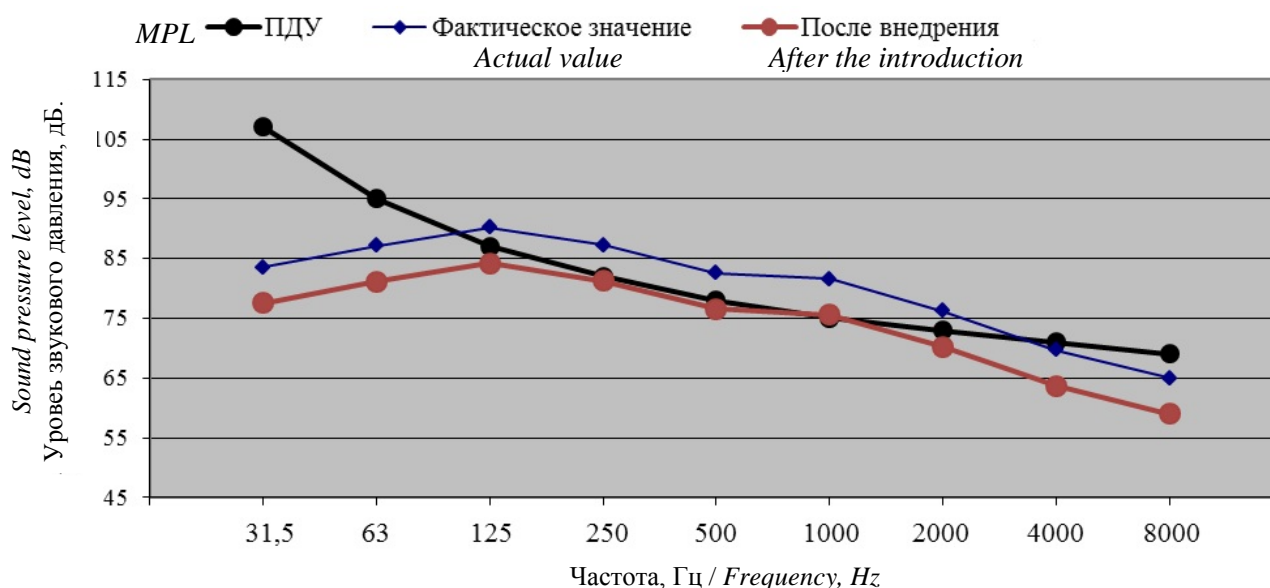


Рис. 6. Расчетный уровень звукового давления после внедрения средства защиты (объемных звукопоглотителей)

Fig. 6. The calculated sound pressure level after the introduction of the protection means (sound absorbers)

Закключение. Система объемных звукопоглотителей позволяет снизить уровень шума на рабочем месте слесаря КИПиА до предельно допустимых значений. Расчеты, выполненные в рамках данного исследования, показывают, что при равномерном распределении шестидесяти объектов на потолке условия труда в помещении улучшатся с 3-го класса (вредные) до 2-го класса (допустимые).

Conclusion. The system of solid sound absorbers allows us to reduce the noise level in the workplace of the instrumentation technician to the maximum permissible values. The calculations performed in the framework of this study show that with a uniform distribution of sixty objects on the ceiling, working conditions in the room will improve from the 3rd class (harmful) to the 2nd class (acceptable).

Проведение описанных мероприятий обеспечит безопасность труда и таким образом сохранит жизни и здоровье работающих. На производстве сократится число несчастных случаев и заболеваний. Благодаря использованию объемных звукопоглотителей снижается не только уровень звука, но и утомляемость персонала, повышается производительность труда. Дальнейшая работа должна быть направлена на совершенствование вычислений, касающихся системы звукопоглотителей. Кроме того, необходимо рассмотреть потенциал современных звукопоглощающих материалов, в том числе слоистого типа.

Библиографический список

1. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options [Электронный ресурс] / N.-T. Le [et al.] // Journal of Otolaryngology Head & Neck Surgery. — 2017. — 46 (41). — Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28535812> (дата обращения 05.10.18).

2. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности / Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем; Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ; Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Москва: Стандартинформ, 2015. — 27 с.

3. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [Электронный ресурс] / Госкомсанэпиднадзор РФ. — Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103805/ (дата обращения 05.10.18).

Carrying out the described activities will ensure safety and thus save the lives and health of the workers. The number of accidents and diseases at work will be reduced. Due to the use of solid sound absorbers, not only the sound level is reduced, but also the fatigue of the personnel, labor productivity is increased. Further work should be aimed at improving the calculations relating to the sound absorber system. In addition, it is necessary to consider the potential of modern sound-absorbing materials, including layered ones.

References

1. Le, N.-T. et al. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options. Journal of Otolaryngology Head & Neck Surgery, 2017, 46 (41). Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28535812>.

2. GOST 12.1.003-2014. Sistema standartov bezopasnosti truda. Shum. Obshie trebovaniya bezopasnosti. [GOST 12.1.003-2014. System of occupational safety standards. Noise. General safety requirements.] Nauchno-issledovatel'skiy tsentr kontrolya i diagnostiki tekhnicheskikh system; Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii RF; Mezghosudarstvennyy Sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii. [Research center for control and diagnostics of technical systems; Federal Agency for Technical Regulating and Metrology of the Russian Federation; Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification.] Moscow, Standartinform, 2015, 27 p. (in Russian).

3. Shum na rabochikh mestakh, v pomeshcheniyakh zhilykh, obshchestvennykh zdaniy i na territorii zhiloy zastroyki. Sanitarnye normy. SN 2.2.4/2.1.8.562-96. [Noise in the workplace, in the premises of residential, public buildings and residential areas. Sanitary code. SN 2.2.4/2.1.8.562-96.] State Committee on Sanitary and Epidemiology Surveillance. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103805/ (in Russian).

4. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options [Электронный ресурс] / N.-T. Le [et al.] // Journal of Otolaryngology Head & Neck Surgery. — 2017. — 46 (41). — Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28535812> (дата обращения 05.10.18).

5. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности / Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем; Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ; Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Москва: Стандартинформ, 2015. — 27 с.

6. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [Электронный ресурс] / Госкомсанэпиднадзор РФ. — Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103805/ (дата обращения 05.10.18).

7. ГОСТ 17187-2010. Шумомеры. Часть 1. Технические требования / Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем; Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ; Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Москва: Стандартинформ, 2012. — 36 с.

8. ГОСТ 12.1.029-80. Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация / Госстандарт СССР. — Москва: Издательство стандартов, 2001. — 4 с.

4. GOST 17187-2010. Shumomery. Chast' 1. Tekhnicheskie trebovaniya. [GOST 17187-2010. Sound level meter. Part 1. Technical requirements.] Nauchno-issledovatel'skiy tsentr kontrolya i diagnostiki tekhnicheskikh system; Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii RF; Mezghosudarstvennyy Sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii. [Research center for control and diagnostics of technical systems; Federal Agency for Technical Regulating and Metrology of the Russian Federation; Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification.] Moscow, Standartinform, 2012, 36 p. (in Russian).

5. GOST 12.1.029-80. Sistema standartov bezopasnosti truda. Sredstva i metody zashchity ot shuma. [GOST 12.1.029-80. System of occupational safety standards. Means and methods of noise protection. Classification.] USSR Gosstandart. — Moscow, Izdatel'stvo standartov, 2001, 4 p. (in Russian).

6. Bortsova, S.S. et al. Bezopasnost' tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv. Pererabotka voloknoobrazuyushchikh polimerov. [Safety of technological processes and production. Processing of fiber-forming polymers.] Moscow, Logos, 2016, 608 p. (in Russian).

7. Zamotin, K.Y., Tyurin, A.P. Matematicheskaya model' zvukopogloshcheniya sloistyykh konstruktsey s rezonansnym efektom. [Mathematical model of absorption of laminates with resonance effect.] Vystavka innovatsiy — 2014 (osenniyaya sessiya): sb. tezisov dokl. XIII Respublikan. vystavki-sessii stud. innovats. proektov. [Exhibition of innovations of 2014 (autumn session): proc. of XVIII Republic. exhibition-session of the students' innov. projects.] Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22577770> (in Russian).

8. Drozdova, L.F., Kudaev, A.V., Matveev, P.V. Issledovanie effektivnosti shumozashchitnykh elementov kapota. [Study of the effectiveness of noise-reducing elements of the bonnet.] Noise Theory and Practice, 2017, vol. 3, no. 3 (9), pp. 39-45 (in Russian).

9. Безопасность технологических процессов и производств. Переработка волокнообразующих полимеров / С. С. Борцова [и др.]. — Москва : Логос, 2016. — 608 с.

10. Замотин, К. Ю. Математическая модель звукопоглощения слоистых конструкций с резонансным эффектом [Электронный ресурс] / К. Ю. Замотин, А. П. Тюрин // Выставка инноваций — 2014 (осенняя сессия) : сб. тезисов докл. XVIII Республикан. выставки-сессии студ. инновац. проектов. — Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22577770> (дата обращения 20.08.16).

11. Дроздова, Л. Ф. Исследование эффективности шумозащитных элементов капота / Л. Ф. Дроздова, А. В. Кудяев, П. В. Матвеев // Noise Theory and Practice. — 2017. — Т. 3, № 3 (9). — С. 39–45.

12. Кирпичников, В. Ю. Снижение шума в помещениях / В. Ю. Кирпичников, Б. В. Титов, Л. Ф. Дроздова // Защита населения от повышенного шумового воздействия : сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. / Под ред. Н. И. Иванова, К. Б. Фридмана. — Москва : Иннова, 2015. — С. 113–127.

13. Руководство по акустическому проектированию объемных звукопоглотителей / НИИСК Госстроя СССР. — Москва : Стройиздат, 1984. — 40 с.

14. Рекомендации по расчету и проектированию звукопоглощающих облицовок / Научно-исследовательский институт научной физики (НИИСФ) Госстроя СССР. — Москва : Стройиздат, 1984. — 53 с.

9. Kirpichnikov, V.Y., Titov, B.V., Drozdova, L.F. Snizhenie shuma v pomeshcheniyakh. [Noise reduction in rooms.] Zashchita naseleniya ot povyshennogo shumovogo vozdeystviya: sb. dokladov Vseros. nauch.-prakt. konf. pod red. Ivanova, N.I., Fridmana, K.B. [Protection of people against high noise exposure: proc. of all-Russian sci.- pract. conf. Ed. by Ivanova, N.I., Fridman, K.B.] Moscow, Innova, 2015, pp. 113-127 (in Russian).

10. Rukovodstvo po akusticheskomu proektirovaniyu ob'emnykh zvukopoglotiteley. [Guidance on the acoustic design of volumetric absorbers.] Scientific-investigational center of Gosstroy of the USSR. Moscow, Stroyizdat, 1984, 40 p. (in Russian).

11. Rekomendatsii po raschetu i proektirovaniyu zvukopogloshchayushchikh oblitsovok. [Recommendations for the calculation and design of sound absorbing facings.] Research Institute of Scientific Physics (NIISF) of Gosstroy of the USSR. — Moscow, Stroyizdat, 1984, 53 p. (in Russian).

12. Kirpichnikov, V.U., Titov, B.V., Drozdova, L.F. Snizhenie shuma v pomescheniyakh. [Noise reducing inside.] Protection of population from high noise impact: col. of articles of All-Russian scient-pract. conf, edited by Ivanova N.I., Fridman K.B., Moscow, Innova, 2015, pp. 113-127 (in Russian).

13. Rukovodstvo po akusticheskomu proektirovaniu obiemnykh zvukopoglotitelei. [Guidance on the design of bulk acoustic absorbers.] SRICC USSR, Moscow, Stroiizdat, 1984, p. 40 (in Russian).

14. Rekomendatsii po raschetu i proektirovaniyu zvukopogloschayushchikh oblitsovok. [Recommendations for the calculation and design of sound-absorbing linings.] SRICC USSR, Moscow, Stroiizdat, 1984, p. 53 (in Russian).

Поступила в редакцию 15.03.2018

Сдана в редакцию 16.03.2018

Запланирована в номер 23.06.2018

Received 15.03.2018

Submitted 16.03.2018

Scheduled in the issue 23.06.2018



Тюрин Александр Павлович,
доцент кафедры «Техносферная безопас-
ность», заместитель начальника управления
научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО
«ИжГТУ имени М.Т. Калашникова
(РФ, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7),
доктор технических наук, доцент
asd1978@mail.ru

Мерзлякова Ксения Газизулловна,
магистр АНО ДПО «Учебный центр «Нефтя-
ник»», (РФ, г. Ижевск, ул. Молодежная, 111,
корп. 202, блок 2.)
ksyha123@yandex.ru

Tyurin Aleksandr Pavlovcih,
associate professor of "Technosphere Safety"
Department, Deputy head of Scientific Research
Department of Kalashnikov Izhevsk State
Technical University (Russian Federation, Izhevsk,
Studencheskaya str, 4), doctor of technical
Sciences, Associate Professor
asd1978@mail.ru

Merzlyakova Kseniya Gazizullovna,
master's degree student, ANCO FPE «Educa-
tional Centre "Neftyanik"», (Russian Federation,
Izhevsk, Molodezhnaya str,
111) ksyha123@yandex.ru